



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

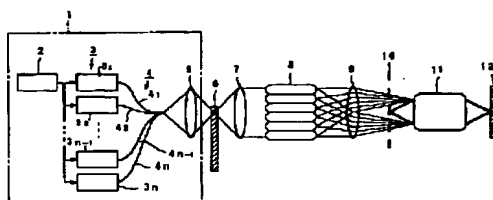
(11) Publication number: **08097125 A**(43) Date of publication of application: **12 . 04 . 96**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/027****G03B 27/72****G03F 7/20**(21) Application number: **06235115**(71) Applicant: **SONY CORP**(22) Date of filing: **29 . 09 . 94**(72) Inventor: **SUGANUMA HIROSHI****(54) EXPOSER AND ILLUMINATOR****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To replace only the faulty part even at occurrence of fault or noise by changing the state of scattering of the laser beam from a light source by a movable scattering medium, and uniforming the distribution of strength of the scattered laser beam.

**CONSTITUTION:** A condensing lens 5 condenses the harmonic laser beams on a movable scattering medium 6. The movable scattering medium changes the state of scattering of the laser beams from a light source 1. The harmonic laser beams scattered by the movable scattering medium 6 are condensed into a luminous flux with a proper diameter by a collimator lens 7. The harmonic laser beams condensed by the collimator lens are uniformed by a fly eye lens 8, and are projected on a mask 10 for exposure by a condenser lens 9. Here, since a light source 1, which condenses a plurality of laser luminous fluxes from a plurality of harmonics generating laser elements 31, 32, 3<sub>n-1</sub>, and 3<sub>n</sub>, is used, even if fault or damage occurs, only the failure part is replaced.



COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-97125

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 B 27/72		A		
G 0 3 F 7/20	5 2 1			
			H 0 1 L 21/ 30	5 1 5 B
				5 2 7
			審査請求	未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-235115

(22) 出願日 平成6年(1994)9月29日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菅 昭 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

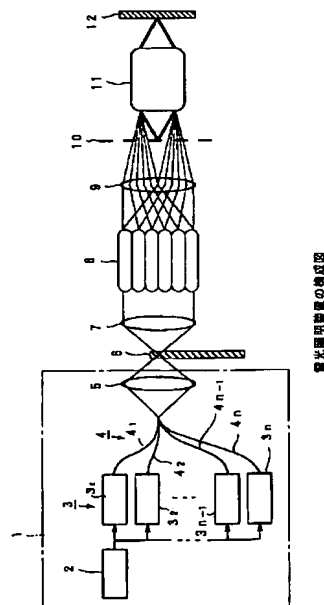
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 露光照明装置

(57) 【要約】

【構成】 光源部1は、励起レーザ素子2にインジェクションロックされた複数の高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2$ 、 $\dots$ 、 $3_{n-1}$ 、 $3_n$ と、該複数の高調波光発生レーザ素子がカップリングされた光ファイバー $4_1$ 、 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_{n-1}$ 、 $4_n$ と、該光ファイバーを束ねて形成した出射端からのレーザ光を集光する集光レンズ5とからなる。移動散乱媒体6は、光源部1からのレーザ光を散乱し透過させる。フライアイレンズ8は、集光レンズ7を介したレーザ光の強度分布を均一化する。強度分布が均一化された高調波レーザ光は、コンデンサーレンズ9によって露光用マスク10上に投影される。

【効果】 色収差を避けることができ、超解像を得られ、また故障やメンテナンスにおける操業停止を回避でき、さらに均一でむらのない露光を実現し、ランダムな干渉ノイズを平均化し、かつ高い光源利用率を達成できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のレーザ素子から出射される複数のレーザ光束を集光してなる光源と、

上記光源からのレーザ光の散乱状態を変化させる移動散乱媒体と、

上記移動散乱媒体からの散乱レーザ光の強度分布を均一化する強度分布均一化手段とを有することを特徴とする露光照明装置。

【請求項2】 上記光源の複数のレーザ素子は、連続した高調波光を出力する高調波発生レーザ素子であることを特徴とする請求項1記載の露光照明装置。

【請求項3】 上記光源は、上記複数のレーザ素子から出射される複数のレーザ光束の波長を揃えるために、上記複数のレーザ素子に励起光を注入同期する励起レーザ素子を有することを特徴とする請求項1又は2記載の露光照明装置。

【請求項4】 上記光源は、上記複数のレーザ素子をそれぞれ同数の光ファイバーにカップリングし、その光ファイバーを束ねて形成した出射端からのレーザ光を上記移動散乱媒体に集光することを特徴とする請求項1記載の露光照明装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、露光光源からの出射光を露光部に供給して被露光対象を照明する露光照明装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体や液晶等のデバイスの作成では、リソグラフィー超微細加工が行われている。このリソグラフィー超微細加工を行うのがリソグラフィー装置である。リソグラフィー装置は、その量産性と低コストの故に広く用いられている。さらに、このリソグラフィー装置は、デバイスの小型化、集積化への要望が高まるにつれて、増々必要とされるようになっていく。

【0003】このリソグラフィー装置において、加工対象物に記録するパターンを照明するのが露光照明装置である。この露光照明装置の光源としては、従来、波長365nmの水銀ランプのi線が用いられてきた。

【0004】リソグラフィー装置の加工限界は、露光照明装置の光源から出射される光の波長に比例する。また、この場合、焦点深度の確保が必要となってくる。

【0005】いずれにしても、従来から、露光照明装置の光源には、様々な条件が要求されてきた。例えば、露光照明装置が使用する光源の出射光は、光学特性として単色性に優れ、かつ可干渉性を持たない光であることが求められてきた。また、この出射光が短波長の光であると、高解像度の露光パターンにも対応した露光を行うことができるので、上記出射光の短波長化が進められてきている。さらに、露光照明装置の高スループット化を達成するために、光源は、高出力であることが要求され

る。

【0006】これらの条件を満たす光源としては、例えばエキシマレーザがある。このエキシマレーザは、単色性及び指向性に優れており、共に、多モード発振のコヒーレンシーの低いレーザ光を出射する。

【0007】一方、波長とレンズの開口数で決まる回折限界を超える超解像技術が数々提案されている。超解像を達成するためには、位相シフト法が有効である。この位相シフト法は、フォトマスク上に0度と180度の位相差領域を形成し、マスクパターン透過光の回折角をより小さく得られるようにし、ラインアンドスペースパターンで解像度と焦点深度を向上する方法である。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記エキシマレーザは、このレーザ発生装置自体が大型である。実際にこのエキシマレーザを動作させるためには、冷却水設備等の大きなスペースをとる設備が必要であったり、毒性を持ったガス設備等の危険性の高い設備が必要であった。このため、小型化が困難であり、かつ設備、運用及び保守について高額のコストが必要とされた。また、色収差を避けるため、エキシマレーザのスペクトル幅は狭帯化されているので、スペックルが生じやすくなっている。また、エキシマレーザの空間的な強度分布は不均一であり、そのままでは露光むらが生じてしまう。また、エキシマレーザは、レーザ自体が巨大なため、露光照明装置への光路を安全に確保するために、レーザ光を径の大きなパイプに通さねばならなかった。通常であれば、光ファイバーが用いられるが、エキシマレーザからの紫外域の強力なパルス光に対しては、光ファイバー自体もダメージを受けやすく、実用的ではなかった。また、エキシマレーザ光は、集光特性が悪く、光ファイバーへのカップリングの効率が悪かった。

【0009】一方、その他には、例えば、YAG、YVO<sub>4</sub>、Nd-Glass等の高出力固体レーザや例えばアルゴンイオンレーザ、銅蒸気レーザ等の高出力ガスレーザが発生する基本波レーザ光を、非線形光学素子を用いた波長変換技術により短波長化して短波長化レーザ光に変換して出力するような光源が考えられる。しかし、波長変換技術により得た短波長化レーザ光は、これまでワット級の高出力が得られなかった。このため、このような光源を露光照明装置に使うと露光時間が長くなり、デバイスの大量生産には向かないとされていた。

【0010】また、これらのレーザ光は空間的、時間的に可干渉性が高く、照明光として使用した場合、ランダムな干渉ノイズであるスペックルや定在波等の干渉効果が露光装置としての性能を著しく損ねていた。

【0011】さらに、これらのレーザを用いた露光照明装置の光源は、故障やダメージが発生すると該レーザが単体であるため、光源としての機能を停止せざるを得ず、例えば工場のラインを停止して、メンテナンスを行

わなければならない。

【0012】また、超解像を達成するための上記位相シフト法は、光の干渉効果を用いているため、マスクの作製が困難であり、かつ暗操作技術にはパターン依存性があるために、実用化が難しかった。

【0013】本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、色収差を避けることができ、超解像を得られ、また故障やメンテナンスにおける操業停止を回避でき、さらに均一でむらのない露光を実現し、ランダムな干渉ノイズを平均化し、かつ高い光源利用率を達成できる露光照明装置の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る露光照明装置は、複数のレーザ素子から出射される複数のレーザ光束を集光してなる光源と、上記光源からのレーザ光の散乱状態を変化させる移動散乱媒体と、上記移動散乱媒体からの散乱レーザ光の強度分布を均一化する強度分布均一化手段とを有することにより上記課題を解決する。

【0015】この場合、上記光源の複数のレーザ素子は、連続した高調波光を出力する高調波光発生レーザ素子である。

【0016】また、上記光源は、上記複数のレーザ素子から出射される複数のレーザ光束の波長を揃えるために、上記複数のレーザ素子に励起光を注入同期する励起レーザ素子を有する。

【0017】また、上記光源は、上記複数のレーザ素子をそれぞれ同数の光ファイバーにカップリングし、その光ファイバーを束ねて形成した出射端からのレーザ光を上記移動散乱媒体に集光する。

【0018】

【作用】本発明に係る露光照明装置では、複数のレーザ素子からの複数のレーザ光束を集光してなる光源を用いているので、故障やダメージ等が発生した場合でも、故障した一部のみを交換すればよく、工場のラインをストップさせずにメンテナンスを行うことができる。このため、大幅なコスト低減を実現できる。

【0019】また、移動散乱媒体により、光源からのレーザ光の散乱状態を変化させているので、ランダムな干渉ノイズ成分の平均化を実現できる。

【0020】また、複数のレーザ素子のそれぞれを連続した高調波光を出力する高調波光発生レーザ素子とすることにより、パルス発振のレーザに比べて、光学部品に対するダメージを少なくできる。また、露光量の制御も容易となり、材料的にも安定で、信頼性が高く、安全性が高い効率の良い構成となる。

【0021】また、上記複数のレーザ素子に励起レーザ光を注入同期する励起レーザ素子を光源内に有することにより、複数のレーザ素子から出射される複数のレーザ光束の波長を揃えることができるので、色収差の補正を実現できる。

【0022】また、上記光源は、上記複数のレーザ素子をそれぞれ同数の光ファイバーにカップリングし、その光ファイバーを束ねて形成した出射端からのレーザ光を上記移動散乱媒体に集光するので、各レーザ素子の配置が自由になりメンテナンスの取り外しや取り付けなどの取り扱いが容易になる。また、2個以上のレーザ素子を組み合わせる場合、偏光などを利用した合波に比べて効率も良くなる。

【0023】

【実施例】以下、本発明に係る露光照明装置の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0024】本実施例の露光照明装置は、図1に示すように、複数の高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ から出射される連続した複数の高調波レーザ光束を集光して出射する光源部1と、この光源部1から出射された高調波レーザ光束を散乱する移動散乱媒体6と、この移動散乱媒体6により散乱された高調波レーザ光束の径を適当に集光するコリメータレンズ7と、このコリメータレンズ7を介した光束の強度分布を均一化するフライアイレンズ8と、このフライアイレンズ8を介することによって強度分布の均一化が図られた高調波レーザ光束を露光パターンが形成されている露光用マスク10に露光照明光として照射するコンデンサレンズ9と、露光用マスク10に形成されている露光パターンに応じた透過光をウェハ12上に結像する縮小対物レンズ11とを有して構成されている。

【0025】光源部1は、複数の高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ の他、該複数の高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ をそれぞれカップリングする同数の光ファイバー $4_1$ 、 $4_2 \cdots 4_{n-1}$ 、 $4_n$ と、上記複数の高調波レーザ光の波長を揃えるために、上記複数の高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ に励起光を注入同期、すなわちインジェクションロックする周波数安定な励起レーザ素子2と、上記光ファイバーを束ねて形成した出射端からのレーザ光を集光する集光レンズ5とから成る。

【0026】ここで、上記高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ は、励起光が照射されることによって基本波レーザ光を出射する例えばYAG、YVO<sub>4</sub>、Nd-Glassのような高出力固体レーザの、該基本波レーザ光を非線形光学素子を用いて短波長化して、第4次又は第5次の高調波光を発生する。短波長化されたレーザ光は、光電変換効率が高く、狭スペクトルで光ファイバーへの集光カップリング特性にも優れている。また、連続発振する短波長化レーザ光であれば、パルス発振のレーザ素子に比べて、光学部品のダメージは少なく、露光量の制御が容易で、材料的にも安定で、信頼性が高く、安全性が高い、効率のよい露光照明を行うことができる。

【0027】ここで、複数の高調波光レーザ発生素子3

1、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ は、励起レーザ素子2に注入同期（インジェクションロック）されているので、出射する高調波レーザ光の波長を揃えることができる。紫外光用のレンズ硝材は、大きなものが得られて高品質なものとしては、現在合成石英以外に適当なものがない。そのため、複数の硝材を用いた色収差補正がほとんど不可能である。露光装置用の対物レンズは、完全な無収差に近い高性能が広範囲の像面全体にわたって求められるために、完全な色収差の補正が必要である。そのため、複数の高調波光レーザ発生素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ 間の波長を揃える必要があり、上記複数の高調波光レーザ発生素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ は励起レーザ素子2によりインジェクションロックされている。

【0028】光ファイバー $4_1$ 、 $4_2 \cdots 4_{n-1}$ 、 $4_n$ は、複数の高調波光レーザ発生素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ が出射する高調波レーザ光を集光レンズ5の前まで伝送する。このため、各高調波光レーザ発生素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ は、配置が自由になり、メンテナンスのための取り外しや取り付けなどの取り扱いが容易になる。また、偏光などを利用した合波に比べて効率が良い。さらに、この光ファイバー $4_1$ 、 $4_2 \cdots 4_{n-1}$ 、 $4_n$ を束ねて形成した出射端のパターンを変化させることにより、輪帯開口照明法、斜入射照明法、SHRINK法などの照明による超解像と同様の効果を達成することができる。この出射端は、対物レンズの瞳と共役であり、ここで光源の分布を変えることは対物レンズの瞳でこれらの操作をすることと等価となるためである。但し、それには各光ファイバー出射光の間の相関性が問題になるが、上述したようにインジェクションロックをかけてやれば相関は高まる。また、光ファイバーの伝搬特性も相関性が問題であれば、シングルモード等の忠実性が高い光ファイバーを使用すればよい。

【0029】集光レンズ5は、光ファイバー $4_1$ 、 $4_2 \cdots 4_{n-1}$ 、 $4_n$ を束ねた出射端からの高調波レーザ光を移動散乱媒体6上に集光する。

【0030】移動散乱媒体6は、集光された光を散乱し、透過させている。この移動散乱媒体6によって散乱された高調波レーザ光は、コリメータレンズ7により適当な径の光束に集光される。ここで、高調波レーザ光の波面は、ランダムな散乱を受ける。したがって、この光束を用いた光学系は、光源が高いコヒーレンスを有していても、スペックルパターンの平均化作用を有し、露光などの時間積分効果を持つ記録に対して、良好な結像が可能になる。

【0031】移動散乱媒体6は、具体的には磨りガラス等の不均一性を持つ位相物体を図示しないモータからの回転駆動力によって回転させるなどの手段により実現可能である。散乱の効果は、透過光に対するものでも、反射に対するものでも構わない。高調波レーザ光束の波面に対して、もしくはその偏光状態に対して、ランダムな

散乱を空間的に与える効果があればよい。

【0032】コリメータレンズ7で集光された高調波レーザ光束は、ガウシアン分布など、中心が強く周辺部が弱い強度分布をしている。しかも、光軸方向に垂直な面内で、回転対称性が高い分布をとる。そこで、これを均一化する必要が生じる。この均一化は、露光量に関わるので、高い均一性が必要である。そこで、フライアイレンズ8のようなビームの強度分布均一化手段が必要になる。このフライアイレンズ8は、同形のロッドレンズを多数集積した形状である。

【0033】このフライアイレンズ8によって均一化された高調波レーザ光束は、コンデンサーレンズ9によって露光用マスク10上に投影される。この露光用マスク10上に高調波レーザ光束が投射されることによって得られた像は、縮小対物レンズ11によってウェハ12上に結像される。

【0034】以上より、本発明に係る露光照明装置は、複数の高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ からの複数のレーザ光束を集光してなる光源1を用いているので、故障やダメージ等が発生した場合でも、故障した一部のみを交換すればよく、工場のラインをストップさせずにメンテナンスを行うことができる。このため、大幅なコスト低減を実現できる。

【0035】また、移動散乱媒体6により、光源1からのレーザ光束の散乱状態を変化させているので、ランダムな干渉ノイズ成分の平均化を実現できる。

【0036】また、高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ は、例えば第4次又は第5次高調波光を連続して出射するので、パルス発振のレーザに比べて、光学部品に対するダメージを少なくできる。また、露光量の制御も容易となり、材料的にも安定で、信頼性が高く、安全性が高い効率の良い構成となる。

【0037】また、高調波光発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ に励起レーザ光を注入同期する励起レーザ素子2を光源1内に有することにより、上記複数のレーザ光束の波長を揃えることができるので、色収差の補正を実現できる。

【0038】また、光源1は、高調波発生レーザ素子 $3_1$ 、 $3_2 \cdots 3_{n-1}$ 、 $3_n$ をそれぞれ同数の光ファイバー $4_1$ 、 $4_2 \cdots 4_{n-1}$ 、 $4_n$ にカップリングし、その光ファイバーを束ねて形成した出射端からのレーザ光を移動散乱媒体6上に集光するので、各レーザ素子の配置が自由になりメンテナンスの為の取り外しや取り付けがなどの取り扱いが容易になる。また、2個以上のレーザ素子を組み合わせる場合、偏光などを利用した合波に比べて効率も良くなる。

【0039】

【発明の効果】本発明に係る露光照明装置は、複数のレーザ素子から出射される複数のレーザ光束を集光してなる光源と、上記光源からのレーザ光の散乱状態を変化さ

せる移動散乱媒体と、上記移動散乱媒体からの散乱レーザー光の強度分布を均一化する強度分布均一化手段とを有するので、故障やダメージ等が発生した場合でも、故障した一部のみを交換すればよく、工場のラインをストップさせずにメンテナンスを行うことができる。このため、大幅なコスト低減を実現できる。

【0040】この場合、上記光源の複数のレーザー素子は、連続した高調波光を出力する高調波光発生レーザー素子であるので、パルス発振のレーザーに比べて、光学部品に対するダメージを少なくできる。また、露光量の制御

も容易となり、材料的にも安定で、信頼性が高く、安全性が高い効率の良い構成となる。

【0041】また、上記光源は、上記複数のレーザー素子に励起光を注入同期する励起レーザー素子を有するので、複数のレーザー素子から出射される複数のレーザー光束の波長を揃えることができるので、色収差の補正を実現できる。

【0042】また、上記光源は、上記複数のレーザー素子をそれぞれ同数の光ファイバーにカップリングし、その光ファイバーを束ねて形成した出射端からのレーザー光を上記移動散乱媒体に集光するので、各レーザー素子の配置\*

\*が自由になりメンテナンスの為の取り外しや取り付けがなどの取り扱いが容易になる。また、2個以上のレーザー素子を組み合わせる場合、偏光などを利用した合波に比べて効率も良くなる。

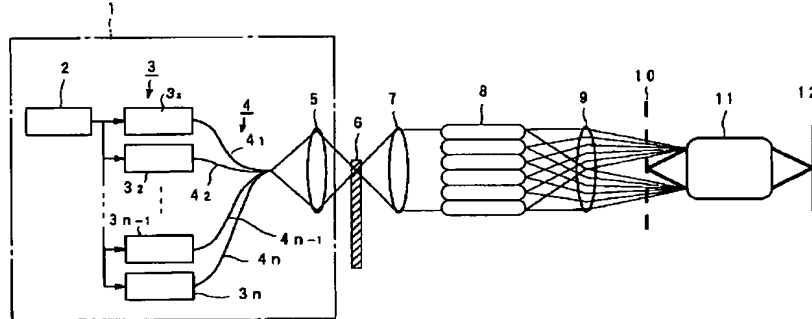
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の露光照明装置の概略構成図である。

【符号の説明】

- 1 光源部
- 2 励起レーザー素子
- 3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub>・・・3<sub>n-1</sub>、3<sub>n</sub> 高調波光レーザー発生素子
- 4<sub>1</sub>、4<sub>2</sub>・・・4<sub>n-1</sub>、4<sub>n</sub> 光ファイバー
- 5 集光レンズ
- 6 移動散乱媒体
- 7 コリメータレンズ
- 8 フライアイレンズ
- 9 コンデンサレンズ
- 10 露光用マスク
- 11 縮小対物レンズ
- 12 ウェハ

【図1】



露光照明装置の構成図